

文章编号: 1003-8701(2015)02-0019-05

NaCl对甜高粱种子萌发和幼苗生长的影响

李海云,董志敏,袁翠平*

(吉林省农业科学院,长春 130033)

摘要:甜高粱是最具有发展前景的绿色能源作物之一,耐盐碱力强,可利用当前多数大田作物不能利用的盐渍化土地。在甜高粱品种耐盐性评价的基础上筛选NaCl较敏感品种甜秆秫秫(TGSS)和较耐品种M81E为试验材料,研究了NaCl胁迫对甜高粱种子萌发和幼苗生长的影响。结果表明,80 mmol/L NaCl和160 mmol/L NaCl对种子发芽率和发芽势均具有明显的抑制作用,二者差异不显著;芽期耐盐指数可用于评价品种芽期耐盐性,M81E芽期对NaCl胁迫比TGSS敏感;160 mmol/L NaCl胁迫下,甜高粱根系和植株地上部分生长均受到明显的抑制;根系长度对NaCl胁迫比根鲜重更敏感,160 mmol/L NaCl胁迫下,TGSS的相对减少量明显高于M81E;NaCl胁迫对地上部分鲜重、植株总鲜重及叶面积的抑制作用与对根系长度的相似,TGSS的相对减少量亦明显高于M81E;NaCl胁迫对地上部分的抑制作用高于对根系的抑制作用。

关键词:甜高粱;NaCl;发芽率;根系;鲜重;叶面积

中图分类号:S566.5

文献标识码:A

DOI:10.16423/j.cnki.1003-8701.2015.02.006

Effect of NaCl on Seed Germination and Seedling Growth of Sweet Sorghum

LI Hai-yun, DONG Zhi-min, YUAN Cui-ping*

(Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: Sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) is one of the leading candidates for cleaner energy crops, and it is high tolerant to salt. Therefore we could plant sweet sorghum for bioenergy production in the salinized lands which is unavailable to other crops. In the present paper a sensitive genotype Tianganshushu (TGSS) and a tolerant variety M81E were chosen to study the effect of NaCl stress on seed germination and seedling growth of sweet sorghum. The results showed that seed germination rate and germination energy decreased significantly by 80 mmol/L NaCl solution and 160 mmol/L NaCl solution treatment, but no significant difference was found between the two concentration. The reduction of germination rate and germination energy of M81E were larger than those of TGSS, indicating M81E was more sensitive to NaCl than TGSS during seed germination. Root and shoot growth were significantly affected by 160 mmol/L NaCl solution treatment. Root length was more sensitive to NaCl than root fresh weight. Similar response was found in fresh weight of shoot, total fresh weight of plant, leaf area, and TGSS was more sensitive to NaCl than M81E for its greater reduction in these indexes. According to the R/S, salinity stress affected shoot growth much more than root growth.

Key words: Sweet sorghum; NaCl; Germination rate; Root; Fresh weight; Leaf area

甜高粱(*Sorghum bicolor* (L.) Moench)具有生物产量高、含糖量高、多重抗逆性(抗旱、耐涝、耐

盐碱)和乙醇转化率高、成本低等优点,被誉为“高效太阳能转化器”、作物中的“骆驼”^[1],作为“生物能源系统中的最有竞争力者”,是最具有发展前景的绿色能源作物之一^[2]。

土壤盐渍化是全球问题,并呈逐年加重趋势,目前世界10%的可耕地遭受盐渍化,面积达 $900 \times 10^6 \text{ hm}^{2[3]}$,预计2050年50%可利用土地盐渍化^[4]。甜高粱耐盐碱能力强,可忍受0.5%~0.9%

收稿日期:2014-11-04

基金项目:吉林省自然科学基金(201215198);吉林省重点科技攻关项目(20140204019NY)

作者简介:李海云(1979-),女,硕士,副研究员,研究方向:植物生物技术。

通讯作者:袁翠平,女,副研究员,E-mail:cpyuan2004@126.com

的盐度,高于小麦、玉米和水稻等禾谷类作物^[5],可利用当前多数大田作物不能利用的盐渍化土地。因此,盐渍化土地种植甜高粱不仅对盐渍土地改良和土地生产力提高具有重要意义,而且也符合发展“不与粮争地”生物质能源作物的原则,对保障我国能源安全具有重要意义。

高盐度条件对植物生长发育和产量形成的生理过程均具有显著的抑制作用,针对大田作物如小麦、水稻、玉米、棉花等已有较多的研究^[6-15]。甜高粱研究多集中在茎秆糖分的分布、积累及其调控等方面^[16-17],而关于盐胁迫对甜高粱生长发育影响研究较少。在对23份甜高粱耐盐性评价基础上,本研究筛选盐敏感品种甜秆秫秫和耐盐品种M81E为试验材料,探讨了不同程度盐处理对甜高粱种子萌发和幼苗根系及地上部生长的影响,为甜高粱耐盐性评价和甜高粱生产提供参考。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

基于前期23个品种对160 mmol/L NaCl耐性鉴定结果,选用2个耐盐程度不同的甜高粱品种甜秆秫秫(泗县)(TGSS)(较敏感,NaCl处理后6 d萎蔫死亡)和M81E(较耐,NaCl处理后9 d萎蔫死亡)为试验材料,开展了NaCl胁迫对甜高粱萌发和幼苗生长特性的影响研究。

1.2 试验方法

试验在光照培养箱中进行,分为种子萌发试验(试验1)和苗期生长试验(试验2)两部分。

试验1:设置80 mmol/L(C80)和160 mmol/L(C160)2个NaCl浓度,以0 mmol/L NaCl(CK)为对照,研究盐胁迫对TGSS和M81E种子萌发的影响。5次重复。每处理随机选取完好种子50粒,放入铺有一层滤纸的培养器皿(直径5 cm)中。加入7.5 ml处理溶液,于28℃的培养箱中培养,每天用蒸馏水补充散失的水分。自培养第2天开始调查发芽种子数,至连续3天发芽种子数不再增加为止,以最后一次调查结果计算发芽率,其计算公式:发芽率=(发芽种子数/供试种子数)×100%。培养2 d调查发芽势^[18],其计算公式:发芽势=(2天时发芽种子数/供试种子数)×100%。按照公式(耐盐指数=(对照发芽率-处理发芽率)/对照发芽率×100%)计算芽期耐盐指数(GTI)。

试验2: TGSS和M81E分别随机选取完好种子100粒,用3.7%的甲醛溶液消毒处理20 min,然后

用蒸馏水冲洗3次,放入铺有一层滤纸的培养皿(直径9 cm)中,加蒸馏水没过种子的1/2,置于28℃的培养箱中萌发。萌发2 d,将萌发一致的种子转移到盛有蛭石的塑料钵中。2 d后,将生长一致的植株转移到打孔的泡沫板(已消毒处理)中于28℃(光照时间14 h/d)进行水培(器皿已消毒),培养液为1/2强度的Hoagland溶液。水培4 d(生长至2叶1心)开始160 mmol/L NaCl(C160)胁迫处理,以0 mmol/L NaCl(CK)为对照。160 mmol/L NaCl处理是由每12 h 40 mmol/L NaCl的增量递增至160 mmol/L。处理0, 4和8 d取样。3次重复。取样时测定根系长度、根系鲜重、地上部(茎叶)鲜重和叶面积,并根据公式(根冠比=根系鲜重/茎叶鲜重)计算根冠比(R/S)。以上述根系长度、根系鲜重等指标计算其相对减少量。

1.3 数据分析

数据处理与方差分析采用Microsoft Excel 2000和SAS 6.2数据统计软件进行,多重比较采用Fisher's LSD法。

2 结果与分析

2.1 盐胁迫对种子发芽率和发芽势的影响

盐胁迫明显降低种子的发芽率,并随着NaCl浓度的增加,发芽率降低幅度加大(图1)。正常情况下,TGSS和M81E的种子发芽率分别达95%和96%,C80处理使发芽率分别降至88%和77%,而C160处理使发芽率分别显著降至86%和72%,但C160和C80之间差异不显著。

TGSS和M81E芽期耐盐程度不同,M81E对NaCl更敏感。C80处理显著降低M81E发芽率,但对TGSS不显著(图1),M81E的耐盐指数(GTI)达20%,而TGSS为7%;C160处理下,M81E高达25%,而TGSS的GTI仅为9%。

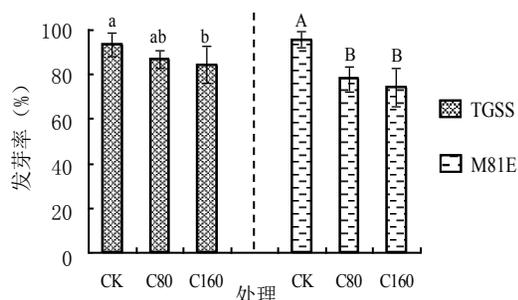


图1 不同处理TGSS和M81E的种子发芽率

注:不同小写字母表示在P=0.05水平差异显著;不同大写字母表示在P=0.01水平差异显著

本研究甜高粱培养萌发2 d的发芽势(TGSS

和 M81E 分别为 94% 和 96%) 接近或等于发芽率 (TGSS 和 M81E 分别为 95% 和 96%)。但 C80 和 C160 处理均显著降低了种子发芽势, 但两者之间差异不显著。不同品种 NaCl 处理对发芽势降低程度不同, 对 M81E 效应更明显。80 mmol/L NaCl 溶液使 TGSS 降低了 8%, 而使 M81E 降低了 19%; 160 mmol/L NaCl 溶液则使 TGSS 降低 13%, 而 M81E 降低 24% (表 1)。

表 1 不同处理 TGSS 和 M81E 的发芽势

品种	处理	发芽势 (%)	相对降低量 (%)
TGSS	CK	94 A	
	C80	87 B	8
	C160	82 B	13
M81E	CK	94 A	
	C80	76 B	19
	C160	71 B	24

注: 不同大写字母表示在 P=0.01 水平差异显著

2.2 盐胁迫对幼苗生长的影响

2.2.1 盐胁迫对根系的影响

植物根系是吸收矿质营养和水分的重要器官, 对于地上部分的生命活动乃至整个植株的生长发育具有重要调节作用, 也是盐胁迫原初效应发生部位。盐胁迫对根系发育具有明显的抑制作用, 并随胁迫时间的增长, 其抑制作用愈明显 (图 2、图 3)。

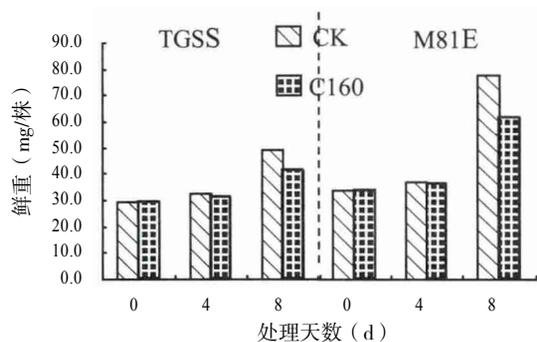


图 2 不同处理 TGSS 和 M81E 的根系鲜重

NaCl 处理对根系鲜重影响不显著, 但随着胁迫时间的增长, 对根系鲜重抑制程度加大。NaCl 处理 4 d 时, C160 与 CK 差异较小, 而处理 8 d 时, C160 处理对根系鲜重的降低作用明显, 与 CK 相比, TGSS 和 M81E 鲜重分别降低了 8.3 mg/株和 16 mg/株 (图 2)。

NaCl 处理对根系长度的抑制作用 (图 3) 比对根系鲜重明显 (图 2), 尤其是 TGSS。NaCl 处理 4 d 时, TGSS 和 M81E 的 NaCl 处理根系长度比 CK 分

别减小了 3.35 cm 和 0.85 cm, 而处理 8 d 时, 根系长度分别降低了 6.43 cm 和 2.37 cm, 对于 TGSS 来说, 其降低程度达到极显著水平, 而 M81E 不显著。

相对减少量可评价品种对盐胁迫的敏感程度。表 2 表明, 根系长度比根鲜重能更好地评价品种的敏感性, 敏感品种 TGSS 比较耐盐品种 M81E 根系长度的相对减少量大, 处理 8 d 时, TGSS 相对减少量达到 37%, 而 M81E 只有 19%。

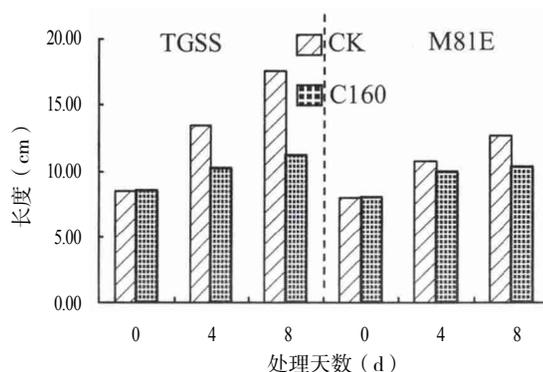


图 3 不同处理 TGSS 和 M81E 的根系长度

表 2 C160 处理下根鲜重和根系长度的相对减少量

品种	NaCl 处理天数 (d)	相对减少量 (%)	
		鲜重	长度
TGSS	4	3	25
	8	16	37
M81E	4	1	8
	8	21	19

2.2.2 NaCl 处理对地上部分的影响

2.2.2.1 NaCl 处理对地上部分鲜重的影响

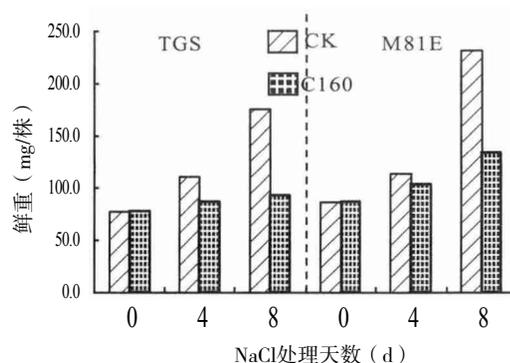


图 4 不同处理 TGSS 和 M81E 的地上部分鲜重

盐胁迫对地上部分鲜重的抑制作用与对根系长度的抑制作用相似, 随着胁迫时间的增长, 其抑制程度加大, 抑制作用显著。处理 8 d 时, C160 与 CK 之间差异显著, 但不同品种其相对减少量

存在差异。TGSS和M81E的C160比CK分别减小了82.8 mg/株和97.7 mg/株,其相对减少量分别达47%和42%。由此可见,对地上部分鲜重来说,TGSS对盐胁迫比M81E敏感。

2.2.2.2 NaCl处理对叶面积的影响

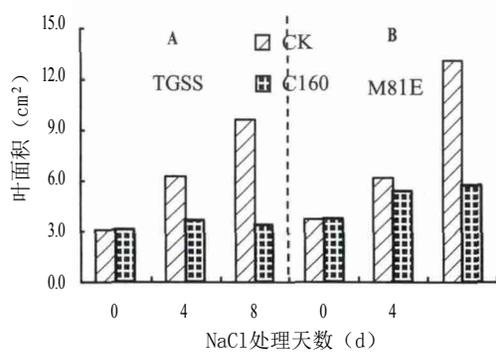


图5 不同处理TGSS和M81E的叶面积

叶片是制造光合产物的器官,而叶面积不仅是光合的物质基础,而且也是评价植物形态建成的一项重要指标。NaCl胁迫对叶面积也具有显著的抑制作用,表现与地上部分鲜重相似的趋势。NaCl处理8 d使TGSS和M81E叶面积分别显著降低6.2 cm²和7.4 cm²,其相对减少量分别为65%和56%,TGSS也表现出对NaCl较敏感。

2.2.3 NaCl处理对植株总鲜重的影响

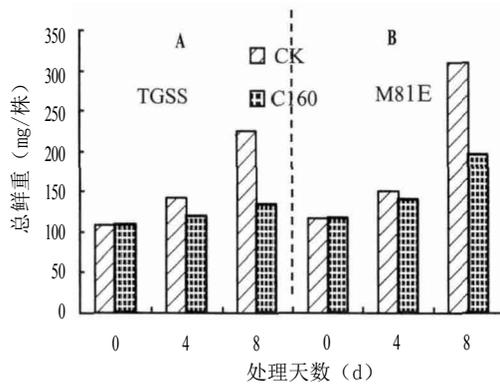


图6 不同处理TGSS和M81E的植株鲜重

植株总鲜重为地上部分鲜重和根系鲜重之和。由于盐胁迫对根系鲜重和地上部分鲜重的抑制程度不同,因此,盐胁迫对植株的抑制效果不同于前二者。尽管处理4 d时,NaCl对根系鲜重的胁迫效应并不明显(图2),但是对总鲜重的抑制作用明显,TGSS和M81E分别下降了24.5 mg和10.0mg,相对减少量分别为17.1%和6.7%;处理8 d时,处理与对照差异显著,相对减少量分别达40.3%和36.7%。与M81E相比,TGSS对盐胁迫较

敏感。

2.2.4 NaCl处理对根冠比的影响

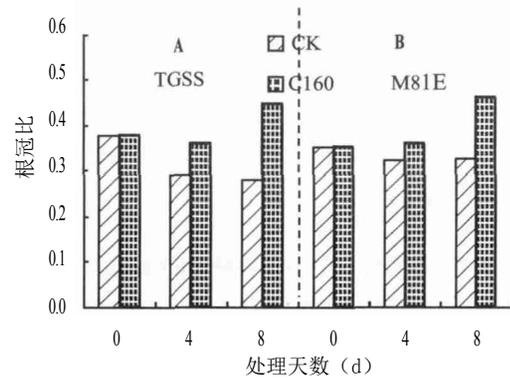


图7 不同处理TGSS和M81E的根冠比

根冠比反映了植物地下部分与地上部分的相关性,受植物自身发育特性的影响。TGSS和M81E水培条件下苗期根冠比分别为0.32和0.34。而C160处理根冠比增加,处理4 d时达0.36(对照分别为0.29和0.32),处理8 d时分别达到0.45和0.46,与CK相比,差异显著。综合分析NaCl胁迫下地上部分鲜重和根系鲜重的变化可知,NaCl胁迫下根冠比的增加主要是因为盐胁迫对植物地上部分鲜重的抑制作用大于对根系鲜重的抑制作用。

3 讨论

利用当前多数大田作物不能利用的盐渍化土地发展生物质能源作物甜高粱符合“不与粮争地”的原则,因此,提高甜高粱耐盐能力是盐碱地甜高粱生产的保证。本研究利用对盐较敏感甜高粱品种和较耐品种研究了甜高粱在种子萌发期间以及苗期对NaCl的响应,发现低至80 mmol/L NaCl就可明显降低种子萌发率,但不显著,而160 mmol/L NaCl胁迫显著降低了萌发率。这对于选择合适播种量,保证合理群体密度具有指导意义。

甜高粱萌发期和苗期对盐胁迫具有不同的反应,不表现正相关。较耐品种M81E在萌发时耐盐指数反而比敏感品种甜秆秫大。可见,评价品种耐盐性要针对特定生育时期。

盐胁迫抑制作物种子萌发和幼苗生长是一个普遍的现象,并随NaCl浓度的增加,抑制作用增大。但不同作物对盐胁迫的敏感程度不同。从发芽率来看,75 mmol/L的NaCl(0.438% NaCl)就对小麦发芽率产生了抑制作用,150 mmol/L(0.876% NaCl)抑制严重^[6],150 mmol/L处理使小堰6号和

陕229发芽率分别降低95%和68%^[7];对于大豆,100 mmol/L NaCl(约0.584% NaCl)使种子出芽率下降18.8%^[8],棉花是中度耐盐作物,0.7%以上的NaCl才会大幅度降低棉花的发芽势和发芽率,当浓度达到0.9%以上时种子萌发受到强烈抑制,盐害指数达到52%以上^[9];本研究甜高粱对NaCl的耐性明显高于棉花和小麦等,在80 mmol/L NaCl(0.467% NaCl)时,种子发芽率仅下降8%~9%,在160 mmol/L NaCl(0.935% NaCl)时,下降20%~25%。不同甜高粱品种(系)间的耐盐性明显不同,本研究的2个甜高粱种质160 mmol/L NaCl处理下,发芽率分别为84%和74%,与对照相比,分别下降了12%和23%。

参考文献:

- [1] 黎大爵. 亟待开发的甜高粱酒精燃料[J]. 中国农业科技导报, 2003, 5(4): 48-51.
- [2] 杨文华. 甜高粱在我国绿色能源中的地位[J]. 中国糖料, 2004(3): 57-59.
- [3] 贾娜尔·阿汗, 杨春武, 石德成, 等. 盐生植物碱地肤对盐碱胁迫的生理响应[J]. 西北植物学报, 2007, 27(1): 79-84.
- [4] Stewart C R, Larher F. Accumulation of amino acids and related compound in relation to environmental stress[J]. *Biochemistry of plants*, 1980(11): 609.
- [5] 谷卫彬, 黎大爵. 甜高粱—高效太阳能转化器[J]. 太阳能, 2004(4): 12-13.
- [6] 唐瑞, 吴瑜. 维生素浸种对盐胁迫下小麦发芽及幼苗生长的影响[J]. 2007, 26(5): 44-47.
- [7] 赵旭, 王林权, 周春菊, 等. 钙离子对两种基因型冬小麦萌发过程中盐胁迫效应的影响[J]. 土壤通报, 2006, 37(4): 748-752.
- [8] 冯文新, 张宝红. 钙处理对盐胁迫下大豆种子萌发及其生理生化指标的影响[J]. 大豆科学, 1997, 16(1): 48-53.
- [9] 谢德意, 王惠萍, 王付欣, 等. 盐胁迫对棉花种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 中国棉花, 2000, 27(9): 12-13.
- [10] 董海凤, 王义霞, 孙运杰. 水稻盐胁迫的研究进展[J]. 生物灾害科学, 2012, 35(4): 439-442.
- [11] 张巧凤, 陈宗金, 吴纪中, 等. 小麦种质芽期和苗期的耐盐性鉴定评价[J]. 植物遗传资源学报, 2013, 14(4): 620-626.
- [12] 郑飞, 孟庆长, 孔令杰, 等. 玉米不同基因型苗期耐盐胁迫筛选[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(12): 67-70.
- [13] 姜奇彦, 胡正, 张辉, 等. 大豆种质资源耐盐性鉴定与研究[J]. 植物遗传资源学报, 2012, 13(5): 726-732.
- [14] 张鹏, 徐晨, 徐克章, 等. 大豆品种耐盐性的快速鉴定法及不同时期耐盐性的研究[J]. 中国油料作物学报, 2013, 35(5): 572-578.
- [15] 王俊娟, 叶武威, 周大云, 等. 盐胁迫下不同耐盐类型棉花的萌发特性[J]. 棉花学报, 2007, 19(4): 315-317.
- [16] 袁翠平, 王永军, 吴秋平, 等. 甜高粱茎秆糖产量形成及其调控研究进展[J]. 中国农业科技导报, 2008, 10(3): 12-17.
- [17] 卢峰, 邹剑秋, 段有厚. 甜高粱茎秆含糖量及主要农艺性状相关性研究[J]. 辽宁农业科学, 2013(6): 1-4.
- [18] 周桂生, 安琳琳, 童晨, 等. 盐胁迫对甜高粱种子吸水 and 萌发的影响[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(12): 84-86.